

## Beschreibung

### Vormischbrenner und Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung betrifft einen Vormischbrenner, insbesondere für eine Gasturbine, mit einem Hauptbrenner und einem den  
5 Hauptbrenner stabilisierenden Pilotbrenner. Sie betrifft weiter ein Verfahren zum Betrieb eines Vormischbrenners.

Ein Brenner für eine Gasturbine ist aus der US 6202401 bekannt. Dieser als Hybridbrenner ausgeführte Brenner arbeitet wahlweise als Diffusions- oder Vormischbrenner. Während bei  
10 der Diffusionsverbrennung Brennstoff und Verbrennungsluft in der Flamme gemischt werden, wird bei der Vormischverbrennung zunächst die Verbrennungsluft mit dem Brennstoff intensiv vermischt und dieses Gemisch anschließend der Verbrennung zugeführt. Dies ist insbesondere vorteilhaft hinsichtlich der  
15 Stickoxidemissionen, da in der Vormischflamme aufgrund des homogenen Gemisches eine gleichmäßige Flammentemperatur herrscht. Die Stickoxidbildung steigt exponentiell mit der Flammentemperatur.

Bei der Vormischverbrennung kann eine magere Verbrennung  
20 stattfinden, so dass ein höheres Verhältnis von Verbrennungsluft zu Brennstoff vorliegt, als bei der Diffusionsverbrennung. Dies wiederum reduziert die Stickoxidbildung. Allerdings neigt eine magere Verbrennung eher zu Verbrennungsinstabilitäten und hat einen kleineren Regelbereich, als eine  
25 Diffusionsverbrennung. Daher wird häufig eine Vormischverbrennung durch eine Diffusionsflamme stabilisiert. Damit wird aber durch die Stickoxidbildung in der Diffusionsflamme der Vorteil der Stickoxidsminderung durch die magere Vormischverbrennung teilweise wieder aufgezehrt.

30 Bei einem aus der US 3954384 bekannten Brennersystem versorgt ein Brennstoffzuführungssystem einen Hauptbrenner und einen den Hauptbrenner zündenden Pilotbrenner. Die Flamme des Pilotbrenners wird mittels eines Kolbens überwacht, in dem ein

poröses Material angeordnet ist, das zur Absorption eines zu analysierenden Gases dient.

Die EP 1062461 A1 zeigt eine Brennkammer mit einer Ausklei-  
dung aus Hitzeschildelementen. Ein Hitzeschildelement ist als  
5 ein Brenner-Hitzeschildelement ausgeführt, dem Verbrennungs-  
luft und Brennstoff zugeführt wird. In einer möglichen Aus-  
führung ist das Hitzeschildelement als ein Porenbrenner ge-  
staltet. Die Verbrennungsreaktion erfolgt hier zumindest  
teilweise in einem porösen Material. Hierdurch wird die Ver-  
10 brennung stabilisiert und die Neigung zur Ausbildung von Ver-  
brennungsschwingungen reduziert.

In der EP 0576697 B1 ist eine Gasturbine beschrieben, in wel-  
cher zusätzlich zu klassischen Brennertypen auch katalytische  
Brenner zum Einsatz kommen. Die klassischen Brennertypen sind  
15 Vormischbrenner, mit denen die Hauptverbrennung durchgeführt  
wird. Durch Kombination mit katalytischen Brennern ergibt  
sich eine einfachere Regelung bei sich ändernden Lastzustän-  
den der Gasturbine.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Vormischbren-  
ner anzugeben, bei dem eine besonders stickoxidarme Verbren-  
20 nung bei gleichzeitig geringer Neigung zu Verbrennungsinsta-  
bilitäten möglich ist. Des Weiteren sollen ein entsprechendes  
Verfahrens zum Betrieb eines Vormischbrenners und einer Gas-  
turbine mit geringem Stickoxidausstoß und geringer Neigung zu  
25 Verbrennungsinstabilitäten angegeben werden.

Bezüglich des Vormischbrenner wird die genannte Aufgabe ge-  
löst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Dazu sind zur Vermi-  
schung von Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Brenngas-  
gemisch und zur anschließenden Verbrennung des Brenngasgemis-  
30 sches ein Hauptbrenner für den größten Teil der Verbrennungs-  
luft und ein Pilotbrenner zur Stabilisierung einer mageren  
Verbrennung im Hauptbrenner vorgesehen, wobei der Pilotbren-  
ner als ein Porenbrenner mit einem Brennermaterial ausgebil-  
det ist, das eine feinporige Struktur aufweist.

Die Erfindung geht dabei von der Überlegung aus, den Pilotbrenner eines Vormischbrenners als einen Porenbrenner auszuführen. Dies bedeutet, das der konventionelle Diffusionsbrenner durch einen vorgemischten Brenner ersetzt ist, da vor dem  
5 Eintritt des Brennstoffes und der Verbrennungsluft in das Brennermaterial diese vermischt werden. Zunächst erscheint es widersinnig, den Pilotbrenner als Vormischbrenner auszuführen, da durch den Pilotbrenner gerade die instabile Vormischverbrennung des Hauptbrenners stabilisiert werden soll. Tatsächlich konnte aber durch Versuche gezeigt werden, dass  
10 durch die Aufheizung des Brennermaterials eine ausreichende Stabilisierung durch den als Porenbrenner ausgeführten Pilotbrenner möglich ist. Gleichzeitig ergibt sich eine Reduktion von Stickoxidemissionen aufgrund der im porösen Brennermaterial erfolgenden Vergleichmäßigung des Gemisches.  
15

Nach Erkenntnis der Erfindung ist der Porenbrenner dann erfolgreich einsetzbar, wenn der Massendurchsatz des Brennstoff-/ Luftgemisches richtig eingestellt ist. Die Druckverhältnisse werden hierzu so eingestellt, dass nicht durch einen zu hohen Massendurchsatz die Verbrennungsreaktion aus dem  
20 Porenkörper ausgetrieben wird. Andererseits darf der Massendurchsatz aber auch nicht so niedrig sein, dass die Gefahr eines Flammenrückschlages auftritt.

Die Stickoxidemissionen werden durch eine starke Aufheizung und damit Wärmeabstrahlung des Brennermaterials reduziert, da die Flammentemperatur hierdurch sinkt. Des Weiteren wird auch die Reaktionsdichte in der gesamten Brennerflamme bei gleichbleibender Leistung reduziert, da ein Teil der Reaktion im porösen Brennermaterial erfolgt. Ferner wird die Verbrennung durch die besonders niedrige Anfälligkeit des Porenbrenners gegenüber Luft- oder Gasschwankungen stabilisiert, wodurch sich insbesondere auch eine niedrige Anfälligkeit gegenüber Verbrennungsschwingungen ergibt.  
30

Zweckmäßigerweise ist die feinporige Struktur durch ein Aufschäumen eines Grundmaterials gebildet. Ein Aufschäumen und  
35

anschließendes Aushärten des Grundmaterialies führt in einfacher Weise zu einer feinporigen Struktur.

- Bevorzugt ist das Brennermaterial keramisch. Ein keramisches Brennermaterial zeichnet sich insbesondere durch eine hohe
- 5 Temperaturbeständigkeit aus. Das Brennermaterial weist dabei zweckmäßigerweise Zirkonoxid oder Siliziumkarbid auf. Alternativ ist das Brennermaterial eine Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung oder ein hochwarmfester Stahl. Auch solche metallischen Materialien lassen sich etwa als Metallschäume
- 10 feinporig ausführen und weisen bei einer hohen Temperaturbeständigkeit eine gute Weiterverarbeitbarkeit auf. Möglich ist auch eine Ausführung als Metallgewebe.

- In vorteilhafter Ausgestaltung umschließt der Hauptbrenner mit einem Ringkanal für die Verbrennungsluft den Pilotbrenner.
- 15

- Der Vormischbrenner ist in zweckmäßiger Weiterbildung in einer Gasturbine, insbesondere einer stationären Gasturbine, eingesetzt. Gerade bei einer stationären Gasturbine, wie sie etwa zur Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt wird,
- 20 kommt es zur Verminderung von Umweltbelastungen und zur Einhaltung gesetzlicher Emissionsvorschriften auf eine niedrige Stickoxidemission an. Zudem sind Verbrennungsschwingungen in solchen Gasturbinen aufgrund hoher Leistungsfreisetzen mit der Gefahr von mechanischen Schäden verbunden.

- 25 Vorzugsweise weist die Gasturbine eine Ringbrennkammer auf. Bei einer Ringbrennkammer kann es durch eine Kopplung aller Brenner zu Verbrennungsschwingungen besonders hoher Amplitude kommen. Aufgrund der komplexen Geometrie sind diese Schwingungen zudem praktisch nicht im Voraus zu berechnen.
- 30 Bezüglich des Verfahrens wird die genannte Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 10. Dabei wird mit einem Hauptbrenner Verbrennungsluft mit Brennstoff zu einem Brenngasgemisch vermischt und anschließend das Brenngasgemisch verbrannt, wobei die Verbrennung im Hauptbrenner durch einen

Pilotbrenner stabilisiert wird, und wobei eine Verbrennung im Pilotbrenner in einem feinporigen Brennermaterial erfolgt.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- 5    FIG 1        schematisch einen Vormischbrenner,  
FIG 2        im Längsschnitt einen Pilotbrenner des Vormisch-  
              brenners gemäß FIG 1, und  
FIG 3        schematisch eine Gasturbine mit einem Vormischbren-  
              ner gemäß den Figuren 1 und 2.
- 10   Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den  
     gleichen Bezugszeichen versehen.

- Figur 1 zeigt einen Vormischbrenner 1 mit einem Hauptbrenner  
3 und mit einem Pilotbrenner 5. Der Hauptbrenner 3 weist ei-  
nen Ringkanal 7 auf, der den Pilotbrenner 5 konzentrisch um-  
15   gibt. Im Ringkanal 7 sind Drallschaufeln 9 angeordnet. Durch  
den Ringkanal 7 wird Verbrennungsluft 11 geführt. Der Ver-  
brennungsluft 11 wird über nicht näher dargestellte hohle  
Drallschaufeln Brennstoff 13 zugemischt, der aus den Drall-  
schaufeln der Brennstoff 13 ausgelassen wird. Der Brennstoff  
20   13 vermischt sich intensiv mit der Verbrennungsluft 11, bevor  
er in einer Hauptflamme 15 verbrannt wird.

- Zur Reduzierung von Stickoxidemissionen wird der Hauptbrenner  
3 mit einem Luftüberschuss an Verbrennungsluft 11 betrieben,  
so dass ein mageres Gemisch entsteht. Die Vorvermischung  
25   stellt sicher, dass das Gemisch weitgehend homogen ist und  
somit eine gleichmäßige Flammentemperatur vorliegt. Diese ma-  
gere Vormischverbrennung ist allerdings schwer regelbar und  
verlöscht leicht. Sie ist entsprechend anfällig für Verbren-  
nungsinstabilitäten, die durch akustische Kopplung mit der  
30   Umgebung, etwa einer Brennkammerwand, zum Entstehen einer  
stabilen Verbrennungsschwingung führen können. Solche Ver-  
brennungsschwingungen führen zu einer hohen Lärmbelastung  
oder gar zu Schäden am Verbrennungssystem.

Zur Stabilisierung der Hauptflamme 15 dient der Pilotbrenner 5. Er weist einen Pilotluftkanal 21 auf, durch den Verbrennungsluft 11 zugeführt wird. Weiterhin weist der Pilotbrenner 5 einen Pilotbrennstoffkanal 23 auf, durch den Brennstoff 13 zugeführt wird. Die Verbrennungsluft 11 und der Brennstoff 13 werden durch ein feinporiges Brennermaterial 41 geleitet. Der Pilotbrenner 5 ist hierdurch als ein Porenbrenner ausgestaltet. Vor dem Eintritt in das Brennermaterial 41 findet eine Vermischung der Verbrennungsluft 11 und des Brennstoffes 13 statt. In dem Brennermaterial 41 erfolgt bereits eine Verbrennungsreaktion. Durch eine Pilotflamme 25 am Austritt des Pilotbrenners 5 wird die Hauptflamme 15 stabilisiert. Das Brennermaterial 41 reduziert durch eine Vergleichmäßigung und Flammentemperatursenkung die Stickoxidemissionen. Weiterhin ergibt sich insbesondere durch die Aufheizung des Brennermaterials 41 eine stabile, gegen Luft- oder Gasschwankungen sehr unempfindliche Verbrennung und damit auch eine verringerte Neigung zur Ausbildung von Verbrennungsschwingungen.

Bei dem in FIG 2 dargestellten Pilotbrenner 5 ist der Pilotbrennstoffkanal 23 aus einer Gaslanze 23 und einem Zusatzkanal 35 zusammengesetzt, wodurch sich eine an den Pilotbrennstoffbedarf besser anpassbare Zuführung von Brennstoff 13 ergibt. Im Anschluss an eine Mündung 39 der Gaslanze 23, einer Mündung 39 des Zusatzkanales 37 und des Pilotluftkanales 21 ist das Brennermaterial 41 angeordnet. Es ist aus einem keramischen Material aufgeschäumt und weist eine entsprechend feinporige Struktur auf. Denkbar wäre auch, das Brennermaterial 41 aus einem Materialgemisch zu bilden, wobei ein oder mehrere Komponenten dieses Gemisches anschließend so entfernt werden, dass die feinporige Struktur des Brennermaterials 41 zurückbleibt.

Die in FIG 3 dargestellte Gasturbine 51 abgebildet weist einen Verdichter 53, eine Ringbrennkammer 55 und ein Turbinenteil 57 auf. Die Verbrennungsluft 11 wird im Verdichter 53 hoch verdichtet und der Ringbrennkammer 55 zugeleitet. Über Vormischbrenner 1 der oben beschriebenen Art wird sie dort

mit Brennstoff 13 zu einem Heißgas 59 verbrannt, das das Turbinenteil 57 antreibt.

## Patentansprüche

1. Vormischbrenner (1) zur Vermischung von Verbrennungsluft (11) mit Brennstoff (13) zu einem Brenngasgemisch und anschließender Verbrennung des Brenngasgemisches, mit einem Hauptbrenner (3) für den größten Teil der Verbrennungsluft (11) und einem Pilotbrenner (5) zur Stabilisierung einer mageren Verbrennung im Hauptbrenner (3), d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s der Pilotbrenner (5) als ein Porenbrenner mit einem Brennermaterial (41) ausgebildet ist, das eine feinporige Struktur aufweist.
2. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 1, bei dem die feinporige Struktur durch ein Aufschäumen des Brennermaterials (41) gebildet ist.
3. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Brennermaterial (41) keramisch ist.
4. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 3, bei dem das Brennermaterial (41) Zirkonoxid oder Siliziumkarbid aufweist.
5. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Brennermaterial (41) eine Nickel- oder Kobaltbasis-Superlegierung ist.
6. Vormischbrenner (1) nach Anspruch 1 oder 2, bei dem das Brennermaterial (41) ein hochwarmfester Stahl ist.
7. Vormischbrenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit einem Ringkanal (7) für die Verbrennungsluft (11) des Hauptbrenners (3), der den Pilotbrenner (5) umschließt.
8. Gasturbine (51), insbesondere stationäre Gasturbine (51), mit einem Vormischbrenner (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.
9. Gasturbine (51) nach Anspruch 8 mit einer Ringbrennkammer (55).



10. Verfahren zum Betrieb eines Vormischbrenners (1), bei dem mit einem Hauptbrenner (3) Verbrennungsluft (11) mit Brennstoff (13) zu einem Brenngasgemisch vermischt und anschließend das Brenngasgemisch verbrannt wird, wobei die Verbrennung im Hauptbrenner (3) durch einen Pilotbrenner (5) stabilisiert wird, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, d a s s eine Verbrennungsreaktion im Pilotbrenner (5) innerhalb eines feinporigen Brennermaterials (41) erfolgt.
11. Verfahren nach Anspruch 10, welches mit einem Vormischbrenner (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9 durchgeführt wird.